

# МОРСЬКИЙ ТА ВНУТРІШНІЙ ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 621.56

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2026-2-72.38>

**Єсєв А. І.**, старший викладач кафедри суднових енергетичних установок і систем  
Дунайського інституту Національного університету  
«Одеська морська академія»  
ORCID: 0009-0007-6298-776X

## СУЧАСНІ ХОЛОДИЛЬНІ АГЕНТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

*У статті розглянуто основні групи холодильних агентів (холодоагентів) та їх вплив на навколишнє середовище. Забезпечення правильного та безпечного технічного використання холодильних агентів і запобігання їх негативного впливу на навколишнє середовище є дуже важливим завданням для збереження земної атмосфери на природному рівні.*

*Розглянуто основні види та властивості холодоагентів, які застосовуються в суднових холодильних установках з моменту їх впровадження і до теперішнього часу. Особливу увагу приділено вимогам до холодоагентів групи фреонів та їх впливу на навколишнє середовище. Наведено основні вимоги Міжнародної конвенції у Відні 1985 року та наступних до неї протоколів, поправок та угод закріплених на міжнародному законодавчому рівні. В результаті багатьох наукових розробок та експериментів світовими науковцями та вченими було визначено, що найбільш негативний вплив на озоновий шар, що захищає навколосемну атмосферу, надають хлоровмісні холодильні агенти групи фреонів.*

*Наведено відомості про розроблені та успішно впроваджені для застосування сучасні холодоагенти безпечні для навколишнього середовища. Враховано аналіз останніх досліджень та публікацій вітчизняних і зарубіжних провідних фахівців та вчених в галузі холодильної техніки. Холодильні установки, які використовуються на морському і річковому транспорті працюють у складних умовах і тому до них також з боку Міжнародних морських класифікаційних товариств (Регістру судноплавства) пред'являються особливі вимоги.*

*Визначено необхідність і можливість перевodu суднових холодильних установок спроектованих, випущених та змонтованих у попередні роки на схвалені «озонобезпечні» холодоагенти. Розглянуто детально процес забезпечення і здійснення такого перевodu з використанням необхідного обладнання та сучасних технічних засобів і пристроїв.*

*Доведено необхідність і запропоновано методика проведення у суднових умовах випробування системи холодоагенту на герметичність.*

*Сьогодні виробництво штучного холоду невпинно вдосконалюється. Дослідники та інженери працюють над підвищенням ефективності холодильних машин, установок і систем охолодження. Особлива повага надається екологічно безпечним робочим тілам, якими є холодоагенти. Окрім цього, ведуться активні розробки щодо найбільш ефективних і безпечних холодоагентів з метою їх застосування у найближчому майбутньому.*

*В статті визначено практичні рекомендації щодо перевodu суднових холодильних установок на сучасні схвалені холодоагенти з урахуванням наукових досліджень у цій галузі, а також багаторічного практичного досвіду практичної експлуатації.*

*Ключові слова: холодильний агент, фреон, атмосфера, озоновий шар, температура, тиск, кипіння, модернізація.*

### **Yesyev A. I. Updated refrigeration agents and their applying on the maritime transport**

*The article examines the main groups of refrigerants and their impact on the environment. Ensuring the correct and safe technical use of refrigerants and preventing their negative impact on the environment is a very important task for preserving the Earth's atmosphere at a natural level.*

*The main types and properties of refrigerants used in ship refrigeration systems from the moment of their introduction to the present day are considered. Particular attention is paid to the requirements for refrigerants of the freons group and their impact on the environment. The main requirements of the International Convention in Vienna in 1985 and subsequent protocols, amendments and agreements enshrined in international legislation are given. As a result of many scientific developments and experiments by world scientists and scholars, it was determined that the most negative impact on the ozone layer that protects the Earth's atmosphere is exerted by chlorine-containing refrigerants of the freons group.*

*Information is provided on the developed and successfully implemented for application modern refrigerants that are safe for the environment.*



© А. І. Єсєв, 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

---

*The analysis of the latest research and publications of domestic and foreign leading specialists and scientists in the field of refrigeration technology is taken into account.*

*Refrigeration units used in maritime and river transport operate in difficult conditions and therefore special requirements are also imposed on them by the International Maritime Classification Societies (Register of Shipping). The necessity and possibility of retrofit ship refrigeration units designed, manufactured and installed in previous years to approved "ozone-safe" refrigerants is determined. The process of ensuring and implementing such a retrofit using the necessary equipment and modern technical means and devices is considered in detail. The necessity is proven and a method for conducting a leak test of the refrigerant system in ship conditions is proposed.*

*Today, the production of artificial refrigeration is constantly being improved. Researchers and engineers are working to improve the efficiency of refrigeration machines, installations and cooling systems. Particular attention is paid to environmentally safe working fluids, which are refrigerants. In addition, active developments are underway regarding the most effective and safe refrigerants with a view to their use in the near future.*

*The article identifies practical recommendations for retrofit of ship refrigeration systems to modern approved refrigerants, taking into account scientific research in this area, as well as many years of practical experience in practical operation.*

*Key words: refrigerant, freon, atmosphere, ozone layer, temperature, pressure, boiling, retrofit.*

**Постановка проблеми.** З моменту розробки та початку впровадження холодоагенти категорії **хлорфторвуглеців (ХФУ/CFC)** розглядалися як речовини, які мають лише переваги. Однак у 80-ті роки ХХ ст., коли вчені почали займатися питаннями їхнього впливу на навколишнє середовище, ці холодоагенти стали джерелами занепокоєння через дві обставини: підвищення парникового ефекту і руйнування озонового шару земної атмосфери. Так науковці і виробники почали розробку менш шкідливих для майбутнього нашої планети холодоагентів.

Так Міжнародною конвенцією у Відні 1985 р., Протоколом у Монреалі 1987 р. та наступними протоколами за участю представників найбільших країн світу було ухвалено рішення про припинення до 2000 р. виробництва та використання «озононебезпечних фреонів», в першу чергу R11, R12, R113, R114, R115. Фреони R22, R123, R124, R141 та R142 дозволені до використання як перехідні для заміни заборонених. Але й вони повинні бути виключені з використання до 2040 р., а по можливості і раніше (до 2020 р.).

Таким чином, основними нормативними актами є:

**Монреальський протокол (1987 р.)** – міжнародний протокол до Віденської конвенції про охорону озонового шару 1985 року, розроблений з метою захисту озонового шару за допомогою зняття з виробництва деяких хімічних речовин, що руйнують озоновий шар (ODP > 0).

**Кігалійська поправка (2016 р.)** – доповнення до Монреальського протоколу, де вперше запроваджено глобальне обмеження на використання холодоагентів групи HFC за критерієм GWP.

**Паризька угода (2015 р.)** – закріпила зобов'язання країн знижувати викиди парникових газів, включно з витокami холодоагентів. Отже, сучасну холодильну техніку потрібно проєктувати з урахуванням не тільки термодинамічних, а й екологічних критеріїв: нульова ODP, низький GWP, відповідність F-gas і нормам безпеки ISO 817.

У результаті, з урахуванням нових розробок, сформувалися три основні групи холодоагентів (фреонів):

- **хлорфторвуглеці (або хлорфторвмісні вуглеці), або ХФУ(CFC)**, що надають негативний вплив на навколишнє середовище та які підлягають забороні;
- **хлорфторвуглеводні (гідрохлорфторвуглеводні), або ГХФУ(HCFC)**, що мають незначний шкідливий вплив на навколишнє середовище та допустимі до використання протягом деякого часу у майбутньому;
- **фторвуглеводні (гідрофторвуглеводні), або ГФУ(HFC)**, безпечні для навколишнього середовища та отже складають, головну категорію холодоагентів майбутнього.

**F-gas (fluorinated gases)** – термін об'єднує всі фторвмісні агенти, регульовані постановами Європейського Союзу – передусім Регламентом (EU) № 517/2014 та його оновленнями. Ці норми обмежують випуск та імпорт фторвуглеців з високим GWP і встановлюють графік поетапного зниження (phase-down). Виробники зобов'язані переходити на альтернативні речовини або змішані агенти з GWP нижче 750 для побутового та комерційного обладнання. Порушення квот безпосередньо впливає на доступність фреонів і вартість обслуговування.

У суднових холодильних установках провізійних камер та системах кондиціонування повітря як холодоагент традиційно застосовується фреон. Слід зазначити, що в даний час на підставі вимог Міжнародної конвенції та вимог наступних Протоколів, переважна більшість Судноплавних Компаній, а також заводів-виробників холодильної техніки успішно виконали переведення холодильного обладнання, що експлуатується та випускається, на сучасні «озонобезпечні» холодильні агенти групи фреонів. Однак одним із негативних факторів даного аспекту є експлуатація холодильних установок і пристроїв випущених у попередні роки з використанням фреонів групи ХФУ(CFC) та групи ГХВУ(HCFC). Переведення установок на інші холодоагенти утруднено і виконується поступово, як правило, в період ремонту кваліфікованими спеціалістами із складу екіпажу або спеціалізованої сервісної організації. При цьому дуже часто дані роботи виконуються з порушенням норм і правил щодо охорони навколишнього середовища.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Значний внесок до аналізу та розроблення ключових проблем з використання холодильних агентів зробили наші співвітчизники, вчені Одеського національного технологічного університету Н. В. Жихраєва, М. Є. Шкаровський, Р. О. Кузьменко (Основи проектування суднових систем кондиціювання повітря), а також американські науковці та інженери Frank Kreith, Shan K. Wang, Paul Norton Автор: Frank Kreith, Shan K. Wang, Paul Norton (Air Conditioning and Refrigeration Engineering). Слід зазначити, що перелічені вище дослідження та видана на їх основі література, не в повному обсязі містять відомості та практичні рекомендації щодо методів переведення холодильних установок на озонобезпечні холодоагенти та забезпечення при цьому заходів з охорони навколишнього середовища.

**Мета статті** – надання найбільш повних відомостей та рекомендацій щодо переведення суднових холодильних установок на сучасні схвалені (озонобезпечні) холодоагенти (ретрофіту) з урахуванням наукових досліджень у цій галузі, а також багаторічного практичного досвіду практичної експлуатації.

**Виклад основного матеріалу.** Розглядаючи три основні групи існуючих холодоагентів групи фреонів, як було описано у **Постановці проблеми** з урахуванням вимог Міжнародних конвенцій та Протоколів [7], а також Національних законів щодо охорони навколишнього середовища [6] можна зробити висновок, що з'явилася необхідність і можливість заміни фреонів групи ХФУ(CFC) та групи ГХВУ(HCFC) на більш безпечні для навколишнього середовища фреони групи ГФУ(HFC), які завдяки вмісту водню розкладаються набагато швидше, ніж ХФУ(CFC) і ГХВУ(HCFC), у нижніх шарах атмосфери, не досягаючи озонового шару [8]. На світовому ринку такі озонобезпечні фреони пропонують багато виробників.

Зауважимо, що HCFC та HFC у технічній літературі часто об'єднуються в одну групу граничних фторосодержащих вуглеводнів (HFA). Фреони хімічно інертні, мало- чи невибухонебезпечні і є галоїдопохідними граничних вуглеводнів. Будь-який холодильний агент позначається символами **RN**, де **R** (**refrigerant**) – символ, що вказує на тип холодильного агента, **N** – номер фреону або присвоєний номер для інших холодильних агентів. Для фреонів номер розшифровується так: перша цифра у двозначному номері або перші дві цифри у тризначному позначають насичений вуглеводень  $C_n H_{2n+2}$ , на базі якого отримано хладон: 1 –  $CH_4$  (метан); 11 –  $C_2H_6$  (етан); 21 –  $C_3H_8$  (пропан); 31 –  $C_4H_{10}$  (бутан). Справа вказують кількість атомів фтору у фреоні: CFC1<sub>3</sub> – R11, CF<sub>2</sub>C<sub>12</sub> – R12, C<sub>3</sub>F<sub>4</sub>C<sub>14</sub> – R214, CC<sub>14</sub> – R10. За наявності у фреоні незаміщених атомів водню їх число додають до десятків номера: CHF<sub>2</sub>C<sub>12</sub> – R21, CHF<sub>2</sub>C<sub>1</sub> – R22. Якщо до складу фреону входять атоми бромів, після основного номера пишуть літеру, а за нею число атомів бромів: CF<sub>2</sub>Br<sub>2</sub> – R12B2. Як робочі тіла можуть використовуватися азеотропні суміші, що складаються з двох холодильних агентів. Наприклад, азеотропну суміш, що складається з 48,8 % R22 масою і 51,2 % R115 (C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>Cl), називають фреоном R502, його температура кипіння при тиску 0,1 МПа – 45,6 °С.

В позначеннях сумішей холодильних агентів вказують назви складових та їх масові частки. Фреон R502 можна позначити R22/R115 (48,8/51,2). Цифрами, починаючи з 500, умовно позначають азеотропні суміші, відсотковий склад яких у процесі кипіння та конденсації практично не змінюється [2, с. 36].

Оскільки раніше випущені фреонові холодильні машини та установки були розраховані на фреони згодом виключені з виробництва, було розроблено методику переведення їх на схвалені до використання фреони – **РЕТРОФІТ** (від англ. **retrofit** – **модернізувати, переоснащувати**). Так, раніше широко застосовуваний фреон R12 (ХФУ/CFC) повністю замінений R404a (ГФУ/HFC), фреон R22 (ГХФУ/HCFC) успішно замінюється фреоном R407c (ГФУ/HFC) [1, с. 155–160].

З урахуванням останніх наукових досліджень та розробок розширюється використання аміаку (R717, NH<sub>3</sub>), який не впливає негативно на навколишнє середовище. Аміак вдвічі легший за повітря і при витокі швидко піднімається в атмосферу, де розкладається протягом кількох днів. При викиді рідкий аміак негайно випаровується. Але слід мати на увазі, що він токсичний і вибухонебезпечний. Якщо раніше аміак використовували переважно у великих по холодопродуктивності холодильних машинах, то тепер промисловість освоює конструкції середніх і малих аміачних компресорів та холодильного обладнання на їх основі. Вартість аміаку істотно нижча за вартість фреону. Однак у системах кондиціювання повітря і холодильних установках провізійних камер на водному транспорті, як холодильний агент, традиційно використовується фреон [5, с. 610], [3, с. 17–19].

У побутовій холодильній техніці (побутові кондиціонери, холодильники, морозильні камери), як холодоагент, безумовно повсюдно використовується фреон [4, с. 33]. Оскільки такі пристрої є побутовими та їх експлуатація не є піднаглядною відповідними органами, процес переведення їх на сучасні холодоагенти утруднений і виконується поступово, як правило, в процесі ремонту або повної заміни на нові.

На ілюстрації (рис. 1) наочно показані атмосферний та озоновий шари, а також наявність озонової діри, що призводить до прямого проникнення сонячної радіації на земну поверхню.

На ілюстрації (рис. 2) показано реальне зображення озонової діри (фотознімок із космосу).

З метою оцінки впливу на навколишнє середовище та доцільності подальшого використання, вчені провели порівняння між різними холодоагентами з погляду:

- парникового ефекту, привласнюючи холодоагентам такий показник, як коефіцієнт можливого глобального підігріву атмосфери за 100-річний період, тобто можливості глобального потепління, яке зазвичай позначають аббревіатурою **GWP (Global Warming Potential)**;

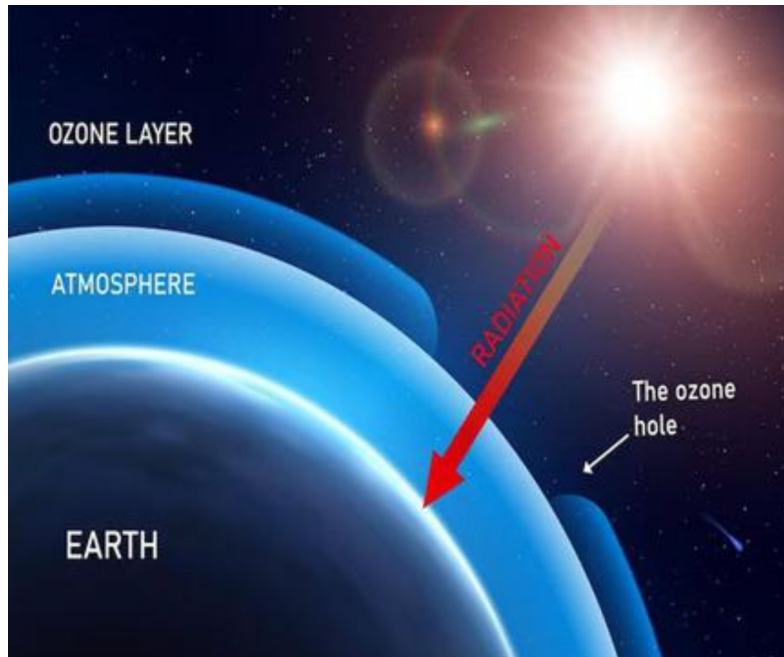


Рис. 1. Порухнення озонового шару та утворення озонової діри



Рис. 2. Озонова діра (фотознімок із космосу)

- руйнування озонового шару, привласнюючи холодоагентам такий показник, як коефіцієнт можливості виснаження шару озону, який зазвичай позначають аббревіатурою **ODP (Ozone Depletion Potential)**.

Значення цих коефіцієнтів для деяких холодоагентів наведено у таблиці 1.

Як видно з наведеної таблиці, холодоагенти групи HFC мають найменші коефіцієнти ODP і GWP, а тому практично не надають негативного впливу на навколишнє середовище [8].

Стандарт EN 3782 містить рекомендації щодо ретрофіту (заміни) холодоагентів. При виборі заміщуючого холодоагенту необхідно враховувати наступні критерії:

- **займистість** – деякі ГФО-суміші мають низьку займистість і тому можуть бути непридатні для більшості існуючих систем;
- **продуктивність** – якщо існуюча система має запас за продуктивністю, то незначне зниження питомої холодопродуктивності може бути прийнятним. Зниження енергоефективності не допускається;
- **тиск** – якщо з новим холодоагентом робочий тиск, або тиск у контурі непрацюючої системи буде вищим, це може вплинути на максимально допустимий тиск (PS) системи. Потрібна тарування на новий тиск запобіжних клапанів, а також переналаштування наявних реле тиску. Існує можливість збереження максимально-допустимого тиску (PS) системи навіть за умови вищого робочого тиску нового холодоагенту.

Можливість виснаження озону ODP та можливість глобального підігріву атмосфери GWP при впливі деяких холодоагентів (згідно з оцінкою Національного управління з авіації та астронавтики (NASA) США)

ХОЛОДОАГЕНТ	ODP	GWP
CFC-11	1,0	1,0
CFC-12	0,9 ... 1,0	2,8 ... 3,4
CFC-113	0,8 ... 0,5	1,3 ... 1,4
CFC-114	0,6 ... 0,8	3,7 ... 4,1
CFC-115	0,3 ... 0,5	7,4 ... 7,6
HCFC-22	0,04 ... 0,06	0,32 ... 0,37
HCFC-123	0,013 ... 0,022	0,017 ... 0,020
HCFC-124	0,016 ... 0,024	0,092 ... 0,10
HCFC-125	0	0,51 ... 0,65
HCFC-134a	0	0,24 ... 0,29
HCFC-141b	0,07 ... 0,11	0,084 ... 0,097
HCFC-142b	0,05 ... 0,06	0,34 ... 0,39
HFC-143a	0	0,72 ... 0,76
HFC-152a	0	0,026 ... 0,033

Різниця між максимальним робочим тиском або тиском у контурі непрацюючої системи та максимально-допустимим тиском (PS) виступить визначальним фактором необхідності підвищення максимально-допустимого тиску (PS) системи, переведеної на альтернативний холодоагент;

- **температура нагнітання** – у багатьох сумішей температура нагнітання буде вищою, ніж у використуваного холодоагенту, і це може викликати проблеми, особливо в низькотемпературних системах;

- **температурний глайд** – багато сумішей мають високий температурний глайд, тому необхідно перевірити і відрегулювати (або замінити) терморегулюючі вентиля (**ТРВ**). Холодоагенти з високим температурним глайдом можуть бути непридатні для деяких систем (наприклад, із затопленим випарником);

- **мастило** – як правило, необхідно перевіряти мастило, що використовується в існуючій системі, на сумісність із заміщаючим холодоагентом;

- **сумісність компонентів** – перед проведенням ретрофіту необхідно проконсультуватися з виробником оригінального обладнання щодо сумісності таких компонентів, як компресор, конденсатор, теплообмінник і т.д., для того, щоб не втратити жодних гарантій та переконатися, що враховано проектну продуктивність та зміну питомої холодопродуктивності;

- **пропускна здатність запобіжних клапанів** – при використанні альтернативних холодоагентів можуть знадобитися запобіжні клапани з більш високою пропускною здатністю;

- **струмове навантаження** – можуть знадобитися двигуни та розподільні пристрої вищого струмового навантаження, ніж ті, що використовуються в існуючій системі.

Процедура переведення холодильної установки на схвалений (озонобезпечний) фреон групи HFC (ретрофіт).

Простий ретрофіт: лише заміна холодоагенту, мастила та базових сервісних компонентів.

Комплексний ретрофіт: включає заміну ключових механічних частин (компресора, конденсатора, теплообмінників тощо) та часто модернізацію або заміну вимірювальних та керуючих пристроїв.

Нижчеописана загальна процедура простого ретрофіту може бути адаптована для конкретних систем.

Основні пристрої та інструменти для роботи з холодоагентом:

- Станції для зливу та регенерації: компактні пристрої (наприклад, EASYREC-1R, рис. 3) призначені для відкачування холодоагенту з системи у заздалегідь підготовлені судини (балони) та його очищення (у разі необхідності в порядку поточної експлуатації).

- Манометричний колектор: основний інструмент для контролю тиску при заправці та вакуумуванні системи (рис. 4).

- Вакуумний насос: використовується для видалення вологи та повітря з системи і в цілому її вакуумування (наприклад, SUPER-EGO SEGO VAC 1,5 R32, рис. 5).



Рис. 3. Пристрій для відкачки та очищення холодоагенту EASYREC-1R

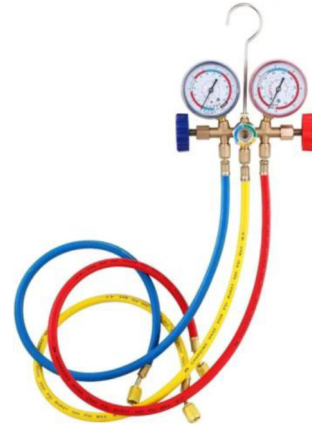


Рис. 4. Манометричний колектор із з'єднувальними шлангами



Рис. 5. Двоступінчастий вакуумний насос SUPER-EGO SEGO VAC 1,5 R32



Рис. 6. Електронні ваги ELITECH LMC 300, до 100 кг

- Ваги для холодоагенту: забезпечують точне зважування кількості заправленого фреону. Наприклад, електронні ваги ELITECH LMC 300, до 100 кг (рис. 6) призначені для роботи з усіма холодильними системами. Ваги допомагають легко заправити потрібну кількість холодоагенту, а протиударне покриття збільшує термін служби. Електронні ваги призначені для контролю ваги холодоагенту в процесі заправки холодильного обладнання. Є можливість програмування необхідної ваги холодоагента. При досягненні заданої кількості, відбувається подача звукового сигналу.

- Ресивери (балони) холодоагенту: герметичні судини, що використовуються для накопичення та зберігання рідкого холодоагенту в системах. Важливо перемістити (перекачати) фреон, що раніше використовувався і підлягає заміні, у спеціально підготовлену ємність (балон). **Категорично заборонено випускати фреон в атмосферу.** Для цієї мети цілком підійде будь-який порожній балон з-під фреону (бажано такої ж марки). Краще використовувати спеціальні балони для відкачування фреону, які можна замовити та придбати заздалегідь (рис. 7), проте це не принципово.

- Набори для заміни золотників: інструменти для обслуговування сервісних портів.

Для проведення ефективного ретрофіту (заміни типу холодоагенту) також важливо використовувати якісний інструмент для безпечної роботи з фреонами.

1. Зафіксуйте робочі температуру, тиск та споживання струму в системі з існуючим холодоагентом;
2. Усуньте всі виявлені проблеми;
3. Зробіть опресування системи та усуньте всі виявлені витоки;



Рис. 7. Балон для відкачування фреону HS-1450 (12L)

4. Використовуючи пристрій для відкачки та очищення холодоагенту, вийміть холодоагент і перемістіть (перекачайте) його у балон для подальшої утилізації. **Не здійснюйте випуск холодоагенту в атмосферу;**

5. За необхідності зробіть заміну компонентів (зокрема ущільнень, які можуть стати причиною витоків холодоагенту після проведення ретрофіту);

6. Виконайте розтин, очищення та промивання порожнин картера компресора, масловідділювача та фільтра-осушувача (при цьому замінивши вологопоглинаючий елемент).

7. Вакууйте систему за допомогою вакуумного насоса [5, с. 627]. *Перед початком вакуумування системи перевіряють, чи всі запірні та соленоїдні вентиля, крім вентиля, що з'єднують систему із зовнішнім середовищем (лінія аварійного скидання холодоагенту), відкриті.* Після приєднання вакуум-насос підключають до ел. мережі, запускають у роботу та знижують у системі абсолютний тиск. Протягом усього періоду вакуумування потрібно контролювати роботу вакуум-насоса та ступінь його нагрівання (найбільша температура вказана в інструкції заводу-виробника вакуум-насоса). У разі підвищення температури вище за допустиму необхідно зупинити вакуум-насос і закрити вентиль на системі холодоагенту (вакуум-насос також має свій вентиль на стороні всмоктування). При охолодженні вакуум-насоса до нормальної робочої температури можна продовжити вакуумування. Повітря із системи видаляють вакуум-насосом до остаточного тиску менше 1,07 кПа (= 0,00107 МПа = 0,0107 кгс/см<sup>2</sup>) для холодильних фреонових установок. *При досягненні в системі більшого розрідження необхідно тримати вакуум-насос у роботі ще 4 години.* Після того як температура апаратів порівнюється з температурою навколишнього середовища, записують час і величину розрідження в системі, що визначається вакуумметром. Випробування системи під вакуумом проводять протягом 12 годин. Величину розрідження у системі фіксують кожні 2 години. Якщо протягом 12 годин за постійної температури навколишнього середовища остаточний тиск у системі не підвищиться, результати випробування вважають задовільними.

8. Випробування системи холодоагенту на герметичність фреоном [5, с. 628]. Перш ніж приступити до заправки системи холодильним агентом, її слід випробувати на герметичність робочою речовиною (у нашому випадку – фреоном, що знову заправляється). Для цього балон із фреоном встановлюють вертикально, головою догори. Відкриваючи газовий (паровий) вентиль на балоні на 1–2 сек., продувають його. При цьому з балона має виходити газоподібний, а не рідкий фреон. *Перед введенням у систему холодоагенту, незалежно від напису фарбою на балоні та наявною етикеткою із зазначенням вмісту балона та його хімічною формулою, необхідно переконатися в тому, що у балоні знаходиться фреон необхідної, а не іншої марки.* Для цього на штуцер газового вентиля балона встановлюють манометр, відкривають вентиль та вимірюють тиск у балоні. *Приймаючи температуру фреону в балоні, рівну температурі приміщення, в якому триває час був балон, звіряють величину тиску в балоні з табличним значенням тиску насиченої пари при даній температурі. Дані повинні збігатися – інакше вміст балона не відповідає зазначеній інформації.* Заповнюють систему газоподібним (пароподібним) холодоагентом до тиску 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>). Далі приступають до перевірки всіх з'єднань на герметичність.

Герметичність системи, заповненої фреоном, перевіряють обмилуванням або електронним течешукачем. Для наочності на рис. 8 наведено фрагмент перевірки герметичності з'єднання методом обмилування. Обмилування є найбільш простим, доступним і в той же час достатньо ефективним методом. Для отримання піни можна використовувати спеціальні спреї (foam-spray) та навіть звичайне мило.



Рис. 8. Перевірка герметичності з'єднання методом обмилування

Оскільки фреони групи ГФУ(НFC) не мають у своєму складі елемента Хлор (Cl), використання галоїдних ламп для виявлення витоків не дає необхідного ефекту. У зв'язку з цим були розроблені і мають широке застосування електронні течешукачі. Існує велика кількість різновидів електронних течешукачів. При виборі течешукача необхідно уважно ознайомитися з його основними технічними даними, а найголовніше – із сферою застосування. Слід мати на увазі, що деякі електронні течешукачі розраховані тільки на певні марки фреонів і, отже, виявлення витоків фреону інших марок може бути утруднено.

Систему холодоагенту, заповнену паром фреону, випробовують на герметичність протягом 48 годин. За відсутності витоків можна приступати до заправки установки мастилом, а потім і холодоагентом.

9. Заправку установки мастилом і холодоагентом виконують у звичайному порядку згідно з інструкцією заводу-виробника, але враховуючи ретрофіт. Так, багато нинішніх багатокомпонентних фреонів (ГФУ/НFC) не можуть застосовуватися разом з мінеральними мастилами. Вирішенням проблеми є використання синтетичних і напівсинтетичних мастил, що мають кращу розчинність в холодоагентах. У цьому випадку необхідно проконсультуватися із заводом-виробником установки.

10. Заправте систему новим холодоагентом (вага заправки може відрізнятись через різницю щільності тому можна орієнтуватися за рівнем холодоагенту зібраного в ресивері або конденсаторі);

11. При необхідності відрегулюйте контрольні та захисні пристрої [5, с. 621]. При цьому особливу увагу слід приділити терморегулюючим вентилям (ТРВ) тому, що їх газова частина повинна містити холодоагент такої ж марки, як і в установці. Отже, ТРВ підлягають заміні;

12. Внесіть відповідні зміни до ідентифікаційних табличок та документації;

13. Запустіть холодильну установку в роботу, плавно збільшуючи теплове навантаження до номінального;

14. Перевірте і зафіксуйте робочі температури, тиски і споживання струму в системі з новим холодоагентом.

15. Внесіть зміни до технічної документації холодильної установки із зазначенням дати, докладним описом виконаних робіт та їх виконавця.

16. Організуйте передачу судин (балонів) відкачаного із системи холодоагенту до спеціалізованої сервісної організації для з метою подальшої утилізації.

**Висновки.** Завдяки повному та послідовному виконанню Монреальського протоколу, прогнозується, що озоновий шар відновиться до середини цього століття. Без цього договору виснаження озонного шару збільшилося б удесятеро до 2050 року порівняно з поточним рівнем і призвело б до мільйонів додаткових випадків меланоми, інших видів раку та катаракти очей. Наприклад, за оцінками, Монреальський протокол до 2030 року щорічно рятує від раку шкіри приблизно два мільйони людей.

На сьогоднішній день Сторони Протоколу поступово відмовилися від 98 % речовин, що розпилюють озоновий шар, у світі порівняно з рівнями 1990 року. Оскільки більшість цих речовин є потужними парниковими газами. Монреальський протокол також робить значний внесок у захист глобальної кліматичної системи. За оцінками, з 1990 по 2010 рік заходи контролю, передбачені договором, скоротили викиди парникових газів на еквівалент 135 гігатонн CO<sub>2</sub>, що еквівалентно 11 гігатоннам на рік.

Згідно з Кігалійською поправкою, очікується, що дії щодо обмеження використання гідрофторвуглеводнів у рамках Монреальського протоколу запобігнуть викидам до 105 мільярдів тонн еквіваленту вуглекислого газу парникових газів, що допоможе запобігти підвищенню глобальної температури до 0,5 градуса Цельсія до 2100 року – це справді безпрецедентний внесок у зусилля щодо пом'якшення зміни клімату та

---

найбільший внесок, який світ зробив у стримування підвищення глобальної температури «значно нижче» 2 градусів Цельсія, що є метою, узгодженою на Паризькій кліматичній конференції.

До 2030 року глобальний ринок холодоагентів очікує глибока реструктуризація. Більшість виробників (Daikin, Carrier, Bitzer, Danfoss) вже готують обладнання, оптимізоване під R32, R454B, R513A і R290. Для промислових застосувань основним напрямком залишається аміак і CO<sub>2</sub>, тоді як у комерційному секторі і морському транспорті включно посилюється тренд на мікроконтури з вуглеводнями, що забезпечують необхідну енергоефективність за мінімального GWP.

#### Список використаних джерел:

1. Іщенко В. М. Термодинамічні особливості діагностування холодильного обладнання і використання альтернативних холодоагентів. В. М. Іщенко, О. Г. Дуганов, В. Т. Вислогузов. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. Випуск 24.* Донецьк. 2010. N 24. С. 155–160.

2. Frank Kreith, Shan K. Wang, Paul Norton “Air Conditioning and Refrigeration Engineering”, CRC PRESS, 2019, P. 284.

3. Жихраєва Н. В. Основи проектування суднових систем кондиціонування повітря. *Одеська національна академія харчових технологій.* Одеса. 2014. 47 С.

4. Жихраєва Н. В. Оптимізація обладнання систем кондиціонування повітря. *Одеська національна академія харчових технологій.* Одеса. 2014. 118 С.

5. Правила класифікації та побудови морських суден / Регістр судноплавства України. Том.3. Київ.: 2020. 629 С.

6. URL: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

7. URL: Про Монреальський протокол. <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>

8. URL: Холодоагенти: класифікація, властивості, заміщення та екологія <https://evroprom.com/ua/novosti-i-stati-ua/holodoagenti-klasifikacziya-vlastivosti-zamishhennya-ta-ekologichni-tendenczi>

#### References:

1. Ichenko, V. M. (2010). Termodinamichni osoblivosti diagnostuvannya choolodilnogo obladnannya i vukorustannya alternativnuch cholodoagentiv. V. M. Ichenko, O. G. Duganov, Vislogusov V. T. *Zbirnik naukovuch prats Donetskogo institutu zalizynichnogo transportu. Vupusk 24.* Donetsk. 2010. N 24. S. 155–160.

2. Frank Kreith, Shan K. Wang, Paul Norton «Air Conditioning and Refrigeration Engineering», CRC PRESS, 2019, P. 284.

3. Zhuchraeva, N. V. (2014). Osnovu proektuvannya sudnovuch sistem konditsiuvannya povitrya. *Odeska natsionalna akademiya charchovuch technologiy.* Odesa. S. 47.

4. Zhuchraeva, N. V. (2014). Optimizatsiya obladnannya sistem konditsiuvannya povitrya. *Odeska natsionalna akademiya charchovuch technologiy.* Odesa. S. 118.

5. Rules for classification and construction of sea-going ships / Shipping Register of Ukraine. Volume 3. Kyiv : 2020. S. 629.

6. URL: Zakon Ukrainu Pro ochoronu navkoluinogo prurodnogo seredovicha <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

7. URL: About the Montreal Protocol. <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>

8. URL: Refrigerants: classification, properties, substitution and environmental <https://evroprom.com/ua/novosti-i-stati-ua/holodoagenti-klasifikacziya-vlastivosti-zamishhennya-ta-ekologichni-tendenczi>

Дата першого надходження статті до видання: 06.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026